饲料精氨酸与赖氨酸配比对全雄黄颡鱼生长性能、体组成、血清生化指标及氨基酸沉积率的影响

沈　勇　邱其浚　孙龙生*　陈耀宇　金　磊

（扬州大学动物科学与技术学院，扬州 225001）

摘　要：本试验旨在探讨饲料精氨酸（Arg）与赖氨酸（Lys）配比（Arg/Lys）对全雄黄颡鱼生长性能、体组成、血清生化指标及氨基酸沉积率的影响。选取平均体重为（2.34±0.05）g 的全雄黄颡鱼幼鱼 960 尾，随机分成 8 组（每组 4 个重复，每个重复 30 尾），分别饲喂 Arg/Lys 为 2.19/2.61（Ⅰ组，作为对照组）、1.74/2.08（Ⅱ组）、1.75/3.02（Ⅲ组）、2.63/2.08（Ⅳ组）、2.64/3.12（Ⅴ组）、3.07/2.61（Ⅵ组）、2.19/3.65（Ⅶ组）、3.08/3.65（Ⅷ组）的等氮等脂饲料，进行为期 10 周的生长试验。结果表明：1）全雄黄颡鱼的末重、增重、增重率、特定生长率均在 Arg/Lys 为 3.07/2.61（Ⅵ组）时达到最大，除增重率与Ⅴ组差异不显著（P>0.05）以及末重、增重、增重率、特定生长率与Ⅳ、Ⅴ组差异不显著（P>0.05）外，均显著高于其他各组（P<0.05）；对于蛋白质效率、成活率，各组间差异不显著（P>0.05）；饲料系数II组最高，且显著高于其他组（P<0.05）。2）全鱼水分、粗脂肪、粗灰分含量各组间均无显著差异（P>0.05），但全鱼粗蛋白质含量则表现为Ⅵ组最高，且显著高于Ⅱ、Ⅲ组（P<0.05）；肌肉粗蛋白质、粗脂肪含量各组间均无显著差异（P>0.05），但肌肉水分含量以Ⅶ组最高，且显著高于Ⅰ、Ⅱ组（P<0.05）。3）全雄黄颡鱼 Lys、缬氨酸（Val）沉积率与饲料 Arg/Lys 比值呈线性关系，并随着 Arg/Lys 比值的增大而增加；而全雄黄颡鱼 Arg、酪氨酸（Tyr）、蛋氨酸（Met）、苯丙氨酸（Phe）、亮氨酸（Leu）、组氨酸（His）、异亮氨酸（Ile）沉积率与饲料 Arg/Lys 比值呈二次回归关系，当 Arg/Lys 比值分别为 0.98、1.16、1.17、1.02、1.28、1.11、1.24 时，Arg、Thr、Met、Phe、Leu、His、Ile 沉积率达到最大值。4）饲料 Arg/Lys 对血清中各生化指标（谷丙转氨酶、谷草转氨酶活性及总蛋白、白蛋白、球蛋白、葡萄糖、尿素氮、总胆固醇、甘油三酯含量与白球比）均无显著影响（P>0.05）。由此得出，饲料 Arg/Lys

---

收稿日期：2016-12-22

基金项目："十二五"江苏省高等学校重点专业建设项目（33102003701）；扬州大学教学改革研究项目资助（YZUJX2015-34B）

作者简介：沈　勇（1995—），男，江苏淮安人，硕士研究生，研究方向为水产动物营养。E-mail: 1597725292@qq.com

*通信作者：孙龙生，副教授，硕士生导师，E-mail: lssun@yzu.edu.cn

对全雄黄颡鱼的生长性能、体组成及氨基酸沉积率均有影响，本试验中，全雄黄颡鱼饲料中适宜的 Arg/Lys 为 3.07/2.61。

关键词：精氨酸；赖氨酸；全雄黄颡鱼；生长性能；体组成；氨基酸沉积率；血清生化指标

中图分类号：S963.16　　文献标识码：A　　文章编号：

黄颡鱼属淡水杂食性鱼类，味道鲜美、无肌间刺，且因其雄鱼生长快于雌鱼，全雄黄颡鱼成了养殖户重点养殖对象。有关黄颡鱼蛋白质、氨基酸营养需求方面的研究已经取得了一定进展，对瓦氏黄颡鱼的蛋白质及精氨酸（Arg）、赖氨酸（Lys）的研究结果显示，饲料蛋白质水平在 42.9%~43.5%[错误!未找到引用源。]，其幼鱼 Arg 需要量在 2.38%~2.74%[错误!未找到引用源。]，Lys 最适需要量为 2.61%[错误!未找到引用源。]。由于 Arg、Lys 二者同为碱性氨基酸，共用转运载体，人们对二者间吸收利用的关系一直关注。目前，在对虹鳟[错误!未找到引用源。错误!未找到引用源。]、大西洋鲑[错误!未找到引用源。6-错误!未找到引用源。]的研究中发现二者存在明显的拮抗作用，在对鳖[错误!未找到引用源。]及大菱鲆[错误!未找到引用源。]的研究中发现高水平的 Lys 对 Arg 存在拮抗作用。但有关饲料中不同 Arg/Lys 对全雄黄颡鱼生长性能等的影响尚未见报道。本试验通过在饲料中设定不同 Arg/Lys，探讨其对全雄黄颡鱼生长性能、体组成、血清生化指标及氨基酸沉积率的影响，为完善全雄黄颡鱼的营养需求参数、科学配制黄颡鱼饲料提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

质参照前期试验及相关文献[错误!未找到引用源。错误!未找到引用源。]，将对照组饲料 Arg/Lys 设定为 2.19/2.61（I组）；II组饲料 Arg、Lys 水平均低于对照组 20%，饲料 Arg/Lys 设定为 1.74/2.08；III组饲料 Arg 水平低于对照组 20%、Lys 水平高于对照组 20%，饲料 Arg/Lys 设定为 1.75/3.02；IV组饲料 Arg 水平高于对照组 20%、Lys 水平低于对照组 20%，饲料 Arg/Lys 设定为 2.63/2.08；Ⅴ组饲料 Arg、Lys 水平均高于对照组 20%，饲料 Arg/Lys 设定为 2.64/3.12；Ⅵ组饲料 Arg 水平高于对照组 40%、Lys 水平不变，饲料 Arg/Lys 设定为 3.07/2.61；Ⅶ组饲料 Arg 水平不变、Lys 水平高于对照组 40%，饲料 Arg/Lys 设定为 2.19/3.65；Ⅷ组水平 Arg、Lys 水平均高于对照组 40%，饲料 Arg/Lys 设定为 3.08/3.65。

1.2 试验饲料

以鱼粉、膨化大豆、豆粕、菜籽粕和晶体氨基酸作为主要蛋白质源，以豆油、大豆卵磷

脂为主要脂肪源，并补充矿物质、维生素配制出基础饲料。按照试验设计，在基础饲料中添加不同水平的晶体 Arg 和晶体 Lys，以晶体甘氨酸（Gly）作为等氮替代物配制试验饲料。%/下同；试验饲料组成及营养水平见表 1。

表 1　试验饲料组成及营养水平（风干基础）

Tale 1　Composition and nutrient levels of trial diets (air-dry basis)　%

项目 Items	试验饲料 Trial diets							
	I	II	III	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ
原料 Ingredients								
面粉 Wheat meal	23.68	23.34	23.38	23.98	24.02	24.32	23.71	24.36
膨化大豆 Expanded soybean	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
豆粕 Soybean meal	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20
菜籽粕 Rapeseed meal	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
麸皮 Wheat bran	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
鱼粉 Fish meal	31.50	31.50	31.50	31.50	31.50	31.50	31.50	31.50
豆油 Soybean oil	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
大豆卵磷脂 Lecithin	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
磷酸二氢钙 CaH_2PO_4	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
预混料 Premix[1)]	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
叶黄素 Lutein	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
食盐 NaCl	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
晶体甘氨酸 Crystal Gly	2.63	3.95	2.85	2.42	1.32	1.10	1.55	0.00
晶体赖氨酸 Crystal Lys	0.94	0.41	1.46	0.41	1.46	0.94	1.99	1.99
晶体精氨酸 Crystal Arg	0.45		0.01	0.89	0.90	1.34	0.45	1.35
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]								
精氨酸与赖氨酸配比 Arg/Lys/(%/%)	2.19/2.61	1.74/2.08	1.75/3.02	2.63/2.08	2.64/3.12	3.07/2.61	2.19/3.65	3.08/3.65
粗蛋白质 CP	43.19	43.31	43.09	44.38	43.44	43.25	44.18	44.19
粗脂肪 EE	9.14	8.85	8.65	9.04	9.17	8.98	9.26	9.19
粗灰分 Ash	11.30	11.07	11.21	11.10	11.32	11.17	11.23	11.44

[1)] 每千克预混料提供 Provided the following per kg of premix：VA 500 000 IU，VD_3 40 000 IU，VE 10 000 IU，VK_3 2 000 mg，VB_1 2 000 mg，VB_2 3 000 mg，VB_6 1 600 mg，VB_{12} 100 mg，烟酸 nicotinic acid 3 200 mg，泛酸 pantothenic acid 8 000 mg，叶酸 folic acid 600 mg，肌醇 inositol 40 000 mg，VC 24 000 mg，胆碱 choline 400 000 mg，Fe 8 000 mg，Cu 4 000 mg，Zn 5 000 mg，Mn 1 000 mg，Mg 7 000 mg，Se 20 mg，I 200 mg。

[2)] 营养水平均为实测值。Nutrient levels were measured values.

试验原料经粉碎、过筛后，按照饲料配方配料混匀，加入豆油和大豆卵磷脂，最后加水，手工搓匀，用 F-26 型颗粒饲料挤条机加工成粒径为 2 mm 硬颗粒饲料，自然晾干后，破碎，过筛，-20 ℃冰箱中备用。

1.3 试验分组与饲养管理

全雄黄颡鱼购自扬州市董氏特种水产有限公司，增氧运输至养殖温室，暂养 1 周。挑选体质健壮、反应敏捷、平均体重为（2.34±0.05） g 的个体 960 尾，随机分成 8 组，每组 4 个重复，每个重复 30 尾，以重复为单位放养于 200 L 圆形水族箱中。每天 06:00 和 16:00 投喂至表观饱食，记录投料量。试验全程遮光，采用微循环换水，水温 24~28 ℃，间隙式增氧，溶氧浓度维持在 5 mg/L 以上，试验期为 70 d。

1.4 样品采集与分析

试验结束后，禁食 24 h，分别对每个桶的试验鱼进行计数、称重。每桶随机抽取 5 尾鱼，保存于-20 ℃冰箱中，用于全鱼常规营养成分分析；每桶另随机取 10 尾鱼，从胸鳍至尾鳍剥离肌肉，保存于-20 ℃冰箱中，用于肌肉常规营养成分分析；每桶再随机取 2 尾鱼，用 1 mL 注射器从尾静脉取血，转移至 1.5 mL 离心管中，4 ℃静置过夜后 4 000 r/min 离心 10 min，取上清，用于血清生化指标的测定。

每个养殖桶的饲料和鱼样（包括全鱼和肌肉）分析 2 次确定其常规营养成分含量。饲料、全鱼及肌肉中水分含量采用常压干燥法测定，粗蛋白质含量采用全自动凯氏定氮仪（FOSS Kjeltec 8400，丹麦）测定；粗脂肪含量采用鲁氏抽提法测定，粗灰分含量采用高温灼烧法测定，具体测定步骤参照张丽英等[错误!未找到引用源。]所述并加以改进。饲料及全鱼氨基酸组成采用博纳艾杰尔公司推出的 Venusil 氨基酸分析方法进行测定，分析仪器为日本岛津公司的 Prominence LC-10AD 高效液相色谱仪。

1.5 指标计算

初重（IBW，g）=试验前鱼体总重/尾数；

末重（FBW，g）=试验后鱼体总重/尾数；

增重率（WGR，%）=100×（末重－初重）/初重；

特定生长率（SGR，%）=100×（ln 末重－ln 初重）/饲喂天数；

饲料系数（FCR）=采食饲料重（g）/鱼体增重（g）；

蛋白质效率（PER）=鱼体增重（g）/采食蛋白质量（g）；

存活率（SR，%）=100×存活尾数/初始尾数；

某氨基酸沉积率（%，鲜样基础）=100×（鱼体增重×全鱼中该氨基酸百分含量）/(饲料消耗量×饲料中该氨基酸百分含量)

1.6 统计分析

用 Excel 2013 对数据进行整理，采用 SPSS 18.0 进行单因素方差分析（one-way ANOVA），并采用 Duncan 氏法进行组间的多重比较，显著性水平为 $P<0.05$。数据表示为平均值±标准差（mean±SD）。

2 结果与分析

2.1 饲料 Arg/Lys 对全雄黄颡鱼生长性能的影响

由表 2 可知，各组试验鱼存活率、蛋白质效率无显著差异($P>0.05$)；增重率在Ⅵ组达到最大，除与Ⅴ组差异不显著($P>0.05$)外，显著高于其他各组（$P<0.05$）；末重、增重、特定生长率也在Ⅵ组达到最大，除与Ⅳ、Ⅴ组差异不显著($P>0.05$)外，显著高于其他各组（$P<0.05$）；Ⅱ组的饲料系数显著高于其他各组（$P<0.05$），其他各组无显著差异（$P>0.05$）。

表 2 饲料 Arg/Lys 对全雄黄颡鱼生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary Arg/Lys on growth performance of all-male yellow catfish

项目 Items	组别 Groups							
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ
初重 IBW/g	2.34±0.05	2.34±0.05	2.34±0.05	2.34±0.05	2.34±0.05	2.34±0.05	2.34±0.05	2.34±0.05
末重 FBW/g	22.42±0.70^{ab}	21.36±1.27^{a}	22.47±0.86^{ab}	22.67±0.29^{bc}	22.94±0.62^{bc}	24.11±0.98^{c}	22.53±0.37^{ab}	22.45±0.34^{ab}
增重 WG/g	20.08±0.70^{ab}	19.02±1.27^{a}	20.13±0.86^{ab}	20.58±0.55^{bc}	20.60±0.62^{bc}	21.77±0.98^{c}	20.19±0.37^{ab}	20.11±0.34^{ab}
增重率 WGR/%	857.97±29.97^{ab}	812.82±54.59^{a}	860.25±36.65^{ab}	868.95±12.40^{ab}	880.34±26.66^{bc}	930.34±41.67^{c}	862.96±15.77^{ab}	859.55±14.70^{ab}
特定生长率 SGR/(%/d)	3.22±0.05^{ab}	3.15±0.09^{a}	3.23±0.05^{ab}	3.24±0.02^{abc}	3.26±0.04^{bc}	3.33±0.06^{c}	3.23±0.02^{ab}	3.23±0.02^{ab}
饲料系数 FCR	1.10±0.12^{a}	1.38±0.29^{b}	1.06±0.14^{a}	1.09±0.07^{a}	1.10±0.05^{a}	1.01±0.11^{a}	1.03±0.07^{a}	1.05±0.17^{a}
蛋白质效率 PER/%	42.66±3.28	38.87±13.68	45.32±5.09	44.02±2.40	42.00±3.77	45.25±10.44	44.74±3.19	43.78±6.29
存活率 SR/%	78.89±10.18	80.00±7.00	82.22±12.62	80.00±5.77	76.67±3.33	81.11±11.70	83.33±6.67	86.67±11.55

2.2 饲料 Arg/Lys 对全雄黄颡鱼血清生化指标的影响

由表 3 可知，血清谷丙转氨酶（ALT）、谷草转氨酶（AST）活性及总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、球蛋白（GLOB）、葡萄糖（GLU）、尿素氮（UN）、总胆固醇（TC）、甘油三酯（TG）含量与白球比（A/G）各组之间均无显著差异（*P*>0.05）。

表 3 饲料 Arg/Lys 对全雄黄颡鱼血清生化指标的影响

Table 3 Effects of dietary Arg/Lys on serum biochemical indices of all-male yellow catfish

项目 Items	组别 Groups							
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ
谷丙转氨酶 ALT/（U/L）	24.67±4.93	21.00±7.16	19.75±13.45	24.25±6.65	17.25±5.91	12.75±1.89	24.00±5.00	21.00±5.10
谷草转氨酶 AST/(U/L)	353.67±40.70	344.25±95.80	351.75±132.66	346.75±76.77	282.25±45.82	287.75±84.13	358.75±84.13	437.00±101.36
总蛋白 TP/(g/L)	38.27±2.77	35.50±1.52	36.15±4.64	39.12±2.70	41.32±2.85	35.50±2.79	36.82±2.17	37.12±3.89
白蛋白 ALB/(g/L)	10.01±0.85	9.00±0.55	9.40±1.15	10.22±1.15	10.52±0.39	9.28±0.67	9.35±0.47	9.50±1.19
白球比 A/G	0.36±0.02	0.34±0.01	0.35±0.01	0.36±0.02	0.34±0.03	0.36±0.01	0.34±0.01	0.34±0.02
球蛋白 GLOB/(g/L)	28.17±2.20	26.50±0.99	26.75±3.51	28.90±1.56	30.80±2.69	26.22±2.17	27.48±1.76	27.63±2.74
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	5.40±2.36	6.52±0.69	4.72±1.77	5.40±0.70	5.40±0.83	4.38±1.21	6.58±1.27	5.10±0.82
尿素氮 UN/(mmol/L)	0.83±0.15	1.00±0.14	1.13±0.17	0.95±0.06	1.08±0.05	0.97±0.21	1.27±0.21	0.97±0.23
总胆固醇 CHOL/(mmol/L)	4.12±0.58	3.63±0.34	3.66±0.53	3.84±0.08	4.52±0.82	3.94±0.34	4.04±0.50	4.07±0.55
甘油三酯 TG/(μg/L)	6.19±1.33	6.62±0.87	6.37±0.71	6.17±0.99	6.48±2.48	5.66±1.68	6.19±1.66	3.94±1.19

2.3 饲料 Arg/Lys 对全雄黄颡鱼全鱼及肌肉常规营养成分的影响

由表 4 可知，各组全鱼水分、粗脂肪、粗灰分含量及肌肉粗蛋白质、粗脂肪含量均差异均不显著（*P*>0.05）。全鱼粗蛋白质含量在Ⅵ组达到最大，且显著高于Ⅱ、Ⅲ组（*P*<0.05），但与Ⅰ组差异不显著（*P*>0.05）。肌肉水分含量以Ⅶ组最高，显著高于其他各组（*P*<0.05），以Ⅰ组最低，显著低于Ⅳ、Ⅵ、Ⅶ组（*P*<0.05），其他各组间差异不显著（*P*>0.05）。

表 4 饲料 Arg/Lys 对全雄黄颡鱼全鱼和肌肉常规营养成分的影响（鲜样基础）

Table 4 Effects of dietary Arg/Lys on proximate nutrients in whole body and muscle of all-male yellow catfish (fresh sample basis) %

项目 Items	指标 Indices	组别 Groups

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
全鱼 Whole fish	水分 Moisture	74.31±1.19	74.23±0.75	74.86±0.26	73.73±1.03	73.74±0.28	74.39±1.48	73.86±0.76	74.65±1.89
	粗蛋白质 CP	14.99±0.20[ab]	14.80±0.20[a]	14.79±0.29[a]	15.12±0.17[ab]	15.40±0.21[ab]	15.50±0.28[b]	15.31±0.27[ab]	15.03±0.98[ab]
	粗脂肪 EE	6.36±1.06	6.44±0.64	5.92±0.28	6.67±1.03	6.59±0.50	5.72±1.25	6.41±0.52	5.99±0.68
	粗灰分 Ash	3.85±0.20	3.91±0.17	3.96±0.17	4.02±0.10	4.04±0.20	4.10±0.09	4.04±0.24	4.02±0.39
肌肉 Muscle	水分 Moisture	80.25±0.59[a]	80.51±0.18[ab]	80.72±0.57[abc]	80.98±0.27[bc]	80.73±0.10[abc]	80.97±0.25[bc]	81.10±0.18[d]	80.82±0.28[abc]
	粗蛋白质 CP	16.61±0.21	16.72±0.11	16.76±0.38	16.95±0.24	17.11±0.15	16.63±0.12	16.83±0.20	16.98±0.42
	粗脂肪 EE	1.84±0.41	1.85±0.12	1.56±0.40	1.21±0.15	1.43±0.13	1.36±0.18	1.25±0.14	1.25±0.15

肌肉干物质中粗蛋白质与粗脂肪含量的关系如图 1 所示，由回归方程（y=-0.658 5x+65.206，R^2=0.750 5）可知，肌肉干物质中粗脂肪与粗蛋白质含量呈显著负相关（P<0.05）。

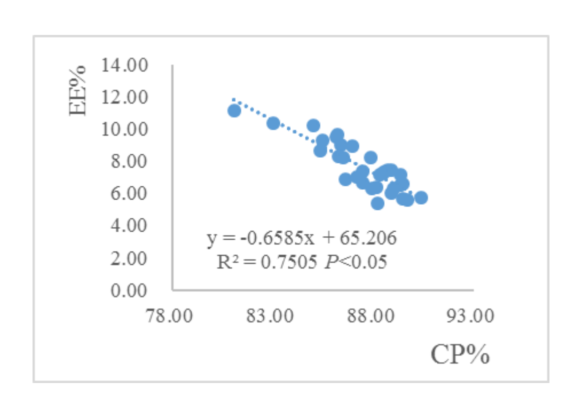


图 1 肌肉干物质中粗脂肪与粗蛋白质含量的关系

Fig.1 Relationship between EE and CP contents in DM of muscle

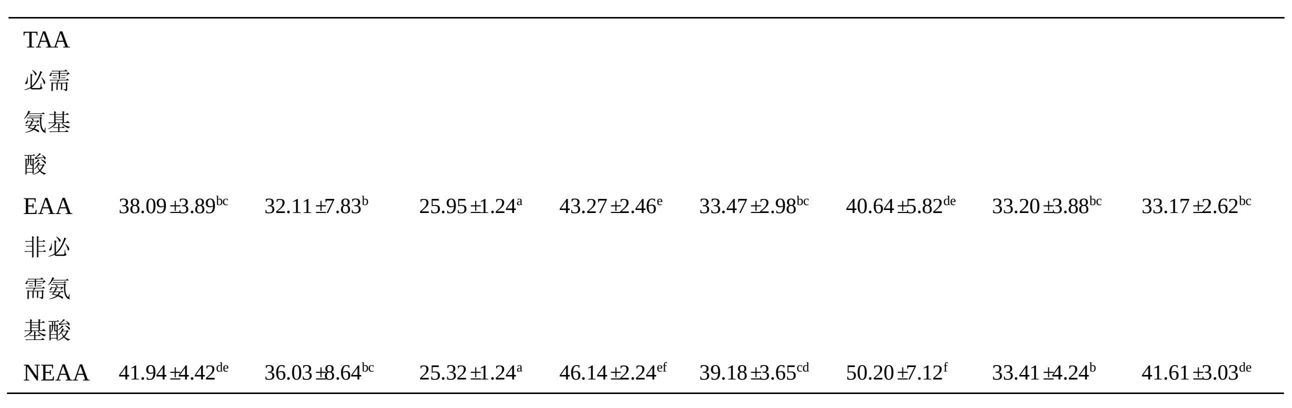
2.4 饲料 Arg/Lys 对全雄黄颡氨基酸沉积率的影响

由表 5 可知，II组的 Arg 沉积率最高，显著高于其他各组（P<0.05），其次是IV组，除与VI组差异不显著（P>0.05）外，显著高于剩余的各组（P<0.05），VIII组最低，显著低于其他各组（P<0.05）；IV组的 Lys 沉积率最高，显著高于其他各组（P<0.05），其次是 II、VI、VII组，显著高于剩余的各组（P<0.05），I、III组则较低，显著低于其他各组（P<0.05）。IV组的必需氨基酸（EAA）沉积率最高，除与VI组差异不显著（P>0.05）外，显著高于其他各组（P<0.05），II组最低，其与III组均显著低于其他各组（P<0.05）；VI组的非必需氨基酸（NEAA）沉积率最高，除与IV组差异不显著（P>0.05）外，显著高于其他各组（P<0.05），而III、VII组则较低，显著低于其他各组（P<0.05）。

表 5　饲料 Arg/Lys 对全雄黄颡鱼氨基酸沉积率的影响（鲜样基础）

Table 5　Effects of dietary Arg/Lys on amino acid deposition rates of all-male yellow catfish (fresh sample basis)　%

氨基酸 Amino acids	组别 Groups							
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ
缬氨酸 Val	40.13±4.22^{b}	34.07±7.98^{a}	35.08±1.67^{ab}	47.60±2.81^{c}	37.92±3.26^{ab}	45.27±6.10^{c}	35.52±3.58^{ab}	39.63±3.13^{b}
亮氨酸 Leu	43.87±4.33^{bc}	50.45±12.06^{d}	30.47±1.41^{a}	51.67±3.13^{d}	39.77±3.60^{b}	49.04±6.80^{cd}	37.58±3.67^{bc}	41.71±3.41^{b}
异亮氨酸 Ile	42.14±4.16^{cd}	26.23±6.22^{a}	28.94±1.45^{a}	49.18±3.01^{e}	38.26±3.44^{bc}	46.48±6.59^{de}	36.13±3.49^{b}	40.57±3.32^{bc}
苯丙氨酸 Phe	45.37±5.14^{d}	13.32±3.64^{a}	23.71±1.57^{b}	45.12±3.05^{d}	38.38±3.27^{c}	44.97±6.54^{d}	37.05±3.99^{c}	43.68±2.74^{d}
蛋氨酸 Met	53.69±5.24^{bc}	47.86±11.88^{b}	24.34±1.30^{a}	65.95±5.39^{d}	52.44±4.55^{bc}	60.55±9.84^{cd}	87.49±10.16^{e}	51.91±5.60^{bc}
酪氨酸 Thr	46.97±4.63^{cd}	51.76±12.47^{d}	32.21±1.50^{a}	52.78±2.52^{d}	42.65±3.87^{bc}	53.50±7.42^{d}	37.92±4.78^{ab}	39.34±4.18^{b}
精氨酸 Arg	30.61±3.59^{c}	42.02±10.29^{d}	23.35±1.21^{ab}	29.41±1.52^{c}	23.94±2.35^{ab}	27.53±4.00^{bc}	23.56±3.20^{ab}	21.30±1.60^{a}
组氨酸 His	31.06±3.04^{cde}	37.13±9.37^{e}	20.53±0.98^{a}	34.09±2.31^{de}	28.88±3.01^{bcd}	35.10±6.13^{de}	23.60±9.47^{ab}	26.18±2.34^{abc}
赖氨酸 Lys	28.00±2.71^{a}	34.41±8.39^{c}	19.77±0.96^{a}	38.98±2.63^{d}	24.48±2.04^{b}	32.72±4.68^{c}	27.99±3.09^{c}	24.29±2.05^{b}
Asp	45.90±4.65^{d}	37.53±8.71^{bc}	31.54±1.30^{ab}	47.80±2.17^{d}	39.05±4.35^{c}	51.45±7.76^{d}	29.91±7.93^{a}	34.66±3.00^{abc}
谷氨酸 Glu	38.84±3.72^{d}	37.56±8.90^{cd}	26.66±1.24^{a}	41.37±1.89^{ef}	33.54±3.19^{b}c	44.17±6.30^{f}	28.31±3.80^{a}	30.53±2.85^{ab}
苏氨酸 Ser	45.80±4.88^{bc}	50.65±12.44^{d}	30.77±1.41^{a}	50.88±2.18^{d}	40.53±3.86^{bc}	51.92±7.20^{d}	35.01±2.96^{ab}	37.82±2.96^{b}
甘氨酸 Gly	30.17±3.65^{bc}	25.98±6.71^{ab}	21.04±1.29^{a}	37.08±2.85^{d}	37.56±3.45^{d}	51.14±7.40^{e}	33.33±3.21^{cd}	64.98±6.14^{e}
丙氨酸 Ala	52.78±5.34^{cde}	55.22±13.39^{def}	26.72±1.81^{a}	60.74±3.87^{f}	47.38±4.13^{bc}	59.51±8.14^{ef}	43.47±4.68^{ab}	48.13±3.94^{bcd}
Pro	45.24±5.30^{b}	44.10±11.13^{b}	31.49±1.62^{a}	52.52±3.76^{c}	41.97±3.72^{c}	51.72±7.25^{c}	39.57±3.47^{b}	45.45±4.24^{b}
脯氨酸 Tyr	42.12±4.71^{bc}	36.67±8.61^{b}	30.24±1.44^{a}	47.88±2.25^{d}	41.33±4.26^{bc}	46.24±6.09^{cd}	37.32±3.78^{b}	42.26±3.69^{bc}
总氨基酸	40.17±4.17^{cd}	34.20±8.26^{b}	25.59±1.22^{a}	44.83±2.32^{de}	36.43±3.32^{bc}	45.52±6.48^{e}	33.31±4.07^{b}	37.31±2.78^{bc}



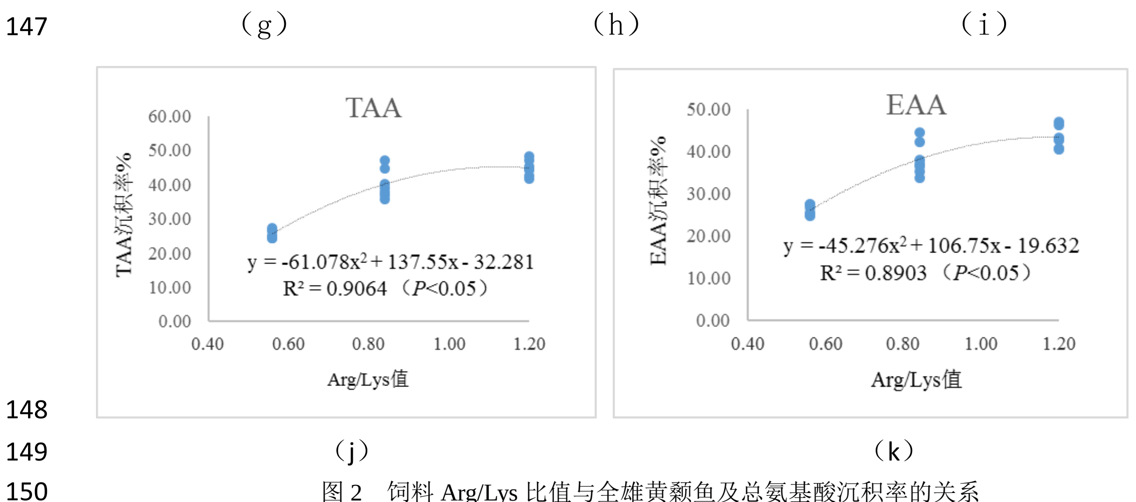
TAA								
必需氨基酸 EAA	38.09±3.89[bc]	32.11±7.83[b]	25.95±1.24[a]	43.27±2.46[e]	33.47±2.98[bc]	40.64±5.82[de]	33.20±3.88[bc]	33.17±2.62[bc]
非必需氨基酸 NEAA	41.94±4.42[de]	36.03±8.64[bc]	25.32±1.24[a]	46.14±2.24[ef]	39.18±3.65[cd]	50.20±7.12[f]	33.41±4.24[b]	41.61±3.03[de]

饲料 Arg/Lys 比值与全雄黄颡鱼 EAA 及总氨基酸(TAA)沉积率的关系见图 2。由图 2 可知，全雄黄颡鱼 Lys（图 2-a）、Val 沉积率（图 2-f）与饲料 Arg/Lys 比值呈线性关系，并随着 Arg/Lys 比值的增大而增加；而全雄黄颡鱼 Arg（图 2-b）、酪氨酸（Thr）（图 2-c）、蛋氨酸（Met）（图 2-d）、苯丙氨酸（Phe）（图 2-e）、亮氨酸（Leu）（图 2-g）、组氨酸（His）（图 2-h）、异亮氨酸（Ile）（图 2-i）、EAA（图 2-j）、TAA 沉积率（图 2-k）与饲料 Arg/Lys 比值呈二次回归关系，当 Arg/Lys 比值分别为 0.98、1.16、1.17、1.02、1.28、1.11、1.24 时，Arg、Thr、Met、Phe、Leu、His、Ile 沉积率达到最大值。

（a） （b） （c）

（d） （e） （f）

（g） （h） （i）



（j） （k）

图 2　饲料 Arg/Lys 比值与全雄黄颡鱼及总氨基酸沉积率的关系

Fig.2　Relationship between dietary Arg/Lys value and EAA and TAA deposition rates

3　讨　论

3.1 饲料 Arg/Lys 对全雄黄颡鱼生长性能的影响

鱼类生长性能与饲料 Arg、Lys 水平息息相关。因为 Arg、Lys 是鱼类限制性氨基酸，当饲料中二者水平未达到鱼类最低需求量时，直接导致饲料中氨基酸不平衡，体内的营养物质则会通过代谢提供能量，进而影响其生长[错误!未找到引用源。]。本试验中也有类似现象，饲料 Arg、Lys 水平较低时，严重影响全雄黄颡鱼的生长。但随着饲料中 Arg、Lys 水平的增加，全雄黄颡鱼的生长出现了明显的改善，说明饲料 Arg、Lys 的水平增加至适宜水平时，对全雄黄颡鱼的生长具有促进作用；但 Lys 添加过量时，对全雄黄颡鱼的生长反而有抑制作用，在亚洲鲈鱼[错误!未找到引用源。]、日本鲈鱼[错误!未找到引用源。]、草鱼[错误!未找到引用源。]、印度鲤鱼[错误!未找到引用源。]和虹鳟[错误!未找到引用源。]上也有相似报道。这主要是因为过量的 Lys 引起饲料中氨基酸的不平衡，加重多余氨基酸的脱氨基作用，含氮部分以氨、尿素和三甲胺等形式排出体外，不含氮部分分解成水和二氧化碳，以能量形式释放，从而影响其生长[错误!未找到引用源。]。

Lys 和 Arg 同为碱性氨基酸，在消化、吸收和吸收后的代谢过程中存在竞争抑制[错误!未找到引用源。]，过多的 Lys 会减少机体对 Arg 的吸收利用。代伟伟等[错误!未找到引用源。]在大菱鲆的研究中发现饲料中 Lys 和 Arg 对其生长及饲料利用存在拮抗作用。而本试验中，饲料 Arg、Lys 水平较低时，二者不同配比对全雄黄颡鱼的生长及饲料利用并未呈现出显著差异；在此基础上将 Arg、Lys 的水平均上调 20%时，随着 Lys 水平的升高，全雄黄颡鱼的生长呈下降趋势，说明二者间的相互作用与饲料中二者的水平相关，且随着 Lys 水平的增加，其对 Arg 的拮抗作用越明显。

Zhou 等[错误!未找到引用源。]在黑鲷鱼的研究中发现，与对照组相比，饲料中添加不平衡的 Arg、

Lys 组的生长性能会显著降低。本试验中，从生长和饲料利用方面来看，当饲料 Arg/Lys 为 3.07/2.61 时为最适宜配比，改变 Arg 或者 Lys 水平，全雄黄颡鱼的生长性能均出现下降。其原因可能是全雄黄颡鱼的生长性能是受 Arg、Lys 共同影响的，当 Arg/Lys 为 3.07/2.61 时，饲料中氨基酸配比达到平衡状态，进而促进鱼体对饲料中营养物质的吸收，而改变 Arg 或 Lys 的添加量时，饲料中氨基酸平衡被打破，从而减缓其生长。

3.2 饲料 Arg/Lys 对全雄黄颡鱼血清生化指标的影响

鱼类血液指标与机体代谢、营养水平、健康状况及免疫功能密切相关[错误!未找到引用源。]。在血清生化指标中，血清中的 UN 含量与氮沉积形成蛋白质的量呈负相关，UN 含量越高，表明净蛋白质合成率越低、氨基酸分解代谢率越高[错误!未找到引用源。]。Fico 等[错误!未找到引用源。]在虹鳟鱼的研究中发现，在氨基酸不平衡的饲料中，其营养物质特别是氨基酸不会被有效利用，会导致其额外产生能量进行脱氮和排泄。Berge 等[错误!未找到引用源。]和 Tantikitti 等[错误!未找到引用源。]发现氨基酸不平衡的饲料会使血液中的 UN 含量升高。在本试验中，Lys 添加过量或 Arg/Lys 比值较低时（Ⅲ组、Ⅶ组）血清中 UN 含量较高，说明饲料中添加过量的 Lys 或当 Arg/Lys 比值过低会导致饲料中营养物质不平衡，从而不能被有效的利用。

正常情况，因为细胞膜的屏障作用，血液中 AST 和 ALT 的活性较低，但是当细胞病变或者受损时，其活性会升高[错误!未找到引用源。]。而在本试验中，在饲料中同时添加高水平 Arg 和 Lys 的组（Ⅶ组）血清 ALT 活性最高，说明过高水平的 Arg、Lys 对全雄黄颡鱼肝细胞有损伤，这与在团头鲂[错误!未找到引用源。]上得出的研究结果一致。

血清中 TP 含量反映机体营养状况和代谢水平，GLOB 则是由 B 细胞转化为浆细胞后分泌而成，其含量反映机体的抵抗力[错误!未找到引用源。]。Zhou 等[错误!未找到引用源。]在对南美白对虾的研究中发现，Arg 可以提高血清中 TP 和 GLOB 的含量，利于蛋白质的合成。在本试验中，饲料中 Arg、Lys 水平较低时，血清 TP 和 GLOB 含量随着 Arg/Lys 比值的增大而升高，而当 Arg、Lys 水平较高时，血清 TP 和 GLOB 含量则随着 Arg/Lys 比值的增大先升高后降低。其原因是精氨酸酶活性受鸟氨酸的负反馈调节，Lys 是精氨酸酶的抑制剂[错误!未找到引用源。]，而鱼体内精氨酸酶活性随着饲料中 Arg 水平的增加而升高，因此当 Arg 水平提高时，精氨酸酶活性增加[错误!未找到引用源。]，负反馈调节和抑制剂的作用均受到限制，从而提高机体免疫力。

在本试验中，饲料中 Arg/Lys 对全雄黄颡鱼的血清各生化指标的影响均不显著，这可能与采样时间有关，因鱼类自身调节能力很强，在饥饿 24 h 后各项生化指标均已处于饥饿时的平衡状态。因此，在今后试验中需找准采取血样的时间，改进试验方案。

3.3 饲料 Arg/Lys 对全雄黄颡鱼体组成的影响

饲料 Arg、Lys 水平均能影响鱼体组成。代伟伟等[错误!未找到引用源。]在大菱鲆的研究中发现，鱼体粗蛋白质含量主要受 Lys 水平的影响，且随着 Lys 水平的升高而显著升高。而 Alam 等[错误!未找到引用源。]在牙鲆上的研究发现，鱼体粗蛋白质、粗脂肪、水分和粗灰分含量受饲料中 Arg 水平的显著影响。本试验中，饲料 Arg/Lys 对全鱼粗脂肪、粗灰分和水分含量均无显著影响，但对全鱼粗蛋白质含量的影响显著，且主要受 Arg 水平的影响。这可能与 Arg 是鱼类的必需氨基酸，饲料中 Arg 水平过低会导致饲料营养物质失衡，从而直接影响鱼体蛋白质的合成有关[错误!未找到引用源。]。

Lys 作为鱼类第一限制性氨基酸，是左旋肉碱的前身，为 β-长链脂肪酰基氧化线粒体的运输起着重要的作用[错误!未找到引用源。]，能减少鱼体内脂肪的沉积。本试验中鱼体肌肉水分含量及肌肉干物质中粗蛋白质、粗脂肪含量主要受饲料 Lys 水平的影响，且随着饲料 Lys 水平的升高，肌肉粗脂肪含量逐渐降低而其粗蛋白质含量则逐渐升高。产生该结果的主要原因是，随着饲料 Lys 水平的升高，鱼体用于供能的蛋白质会减少，从而利于机体蛋白质的合成，在其他鱼类[错误!未找到引用源。]上也有类似发现。

3.4 饲料 Arg/Lys 对全雄黄颡鱼氨基酸沉积率的影响

鱼体氨基酸的沉积率与饲料氨基酸水平及氨基酸平衡状态有关。周小秋等[错误!未找到引用源。]在对鳖的研究中发现，高水平的 Lys 与 Arg 之间存在拮抗效应。这种拮抗效应在黄颡鱼相关研究中同样有所体现。本试验中，饲料 Arg/Lys 不仅影响着 Arg、Lys 在鱼体内的沉积，还影响其他 EAA、NEAA 的沉积。饲料 Arg、Lys 水平较低或较高时对全雄黄颡鱼体氨基酸的沉积率均呈现同种趋势，随着饲料 Arg/Lys 比值的增大，大部分氨基酸的沉积率呈现先上升后降低的趋势，说明饲料中添加高水平的 Lys 时，在一定 Arg/Lys 比值范围内，Arg 水平也需要相应增加。经二次回归曲线分析，当饲料中 Arg/Lys 比值分别为 0.98、1.16、1.17、1.02、1.28、1.11、1.24 时，Arg、Thr、Met、Phe、Leu、His、Ile 沉积率达到最大值。除此之外，当 Arg/lys 比值为 0.98 时，Arg 沉积率达到最大，Lys 和 Val 沉积率随着 Arg/Lys 比值的增大而增加，并呈线性关系，说明饲料中 Arg 水平适宜时可以改善饲料中由于 Lys 水平过高导致的氨基酸不平衡所带来的负面影响。这主要是因为在高 Lys 水平的饲料中添加 Arg 可以重新提升肝脏精氨酸酶 mRNA 的表达量，促使 Arg 分解生成鸟氨酸，并在鸟氨酸脱羧酶（ODC）、精眯合成酶、精胺合成酶的作用下生成多胺，其在细胞生长、增殖分化中起重要作用[错误!未找到引用源。]，因而能改善鱼体的生长性能，影响鱼体中氨基酸的沉积。这也是 Arg 沉积率相对其

他 EAA 提前达到最大值的原因。Lys 沉积率随着 Arg/Lys 比值的增大呈线性关系，主要是因为饲料中 Lys 水平不同造成的。而当饲料 Arg 与 Lys 水平不同但 Arg/Lys 比值相同时似乎对氨基酸的沉积率没有影响，可能原因是当二者比值相同时，Arg 和 Lys 之间的相互作用会达到一个相对平衡状态。当 Arg/Lys 比值约为 1.20 时，其 EAA 和 TAA 的沉积率最高，这与全雄黄颡鱼生长性能及鱼体营养成分相一致，说明在此配比下，饲料营养平衡且二者拮抗作用最小。在陆生动物的研究中发现，Lys 能够刺激或抑制 Arg 吸收取决于它们的相对浓度[错误!未找到引用源。]，说明饲料中 Arg/Lys 比值超过一定范围后 Lys 与 Arg 的拮抗作用较大。这是因为 Lys 是精氨酸酶的抑制剂，能从转录水平进行调控影响 Arg 的代谢与利用，从而影响着 Arg 及其他氨基酸在体内的沉积[错误!未找到引用源。]。

4　结　论

① 饲料 Arg/Lys 影响全雄黄颡鱼的生长性能，且当 Arg/Lys 为 3.07/2.61 时，生长性能最好。

② 饲料 Arg/Lys 影响全雄黄颡鱼的体组成，且当 Arg/Lys 为 3.07/2.61 时，全鱼粗蛋白质含量最高。

③ 饲料 Arg/Lys 对全雄黄颡鱼血清生化指标无显著影响。

④ 饲料 Arg/Lys 影响全雄黄颡鱼的氨基酸沉积率，饲料中适宜的 Arg/Lys 比值为 1.02~1.28。

⑤ 建议全雄黄颡鱼饲料中 Arg/Lys 为 3.07/2.61。

参考文献：

[1] 孙翰昌,徐敬明.日粮蛋白质水平对瓦氏黄颡鱼生长性能的影响[J].中国饲料,2009(16):30–32.

[2] ZHOU Q,JIN M,ELMADA Z C,等.饲料中不同精氨酸水平对黄鲶幼鱼(黄颡鱼)生长、免疫力以及抗嗜水气单胞菌能力的影响[J].饲料博览,2015(2):46.

[3] 邱红,黄文文,侯迎梅,等.黄颡鱼幼鱼的赖氨酸需要量[J].动物营养学报,2015,27(10):3057–3066.

[4] KAUSHIK S J,FAUCONNEAU B.Effects of lysine administration on plasma arginine and on some nitrogenous catabolites in rainbow trout[J].Comparative Biochemistry and Physiology

Part A:Physiology,1984,79(3):459–462.

[5] KAUSHIK S J,FAUCONNEAU B,TERRIER L,et al.Arginine requirement and status assessed by different biochemical indices in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.)[J].Aquaculture,1988,70(1/2):75–95.

[6] BERGE G E,LIED E,SVEIER H.Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*):the requirement and metabolism of arginine[J].Comparative Biochemistry and PhysiologyPart A:Physiology,1997,117(4):501–509.

[7] BERGE G E,SVEIER H,LIED E.Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*);the requirement and metabolic effect of lysine[J].Comparative Biochemistry and Physiology Part A:Physiology,1998,120(3):447–456.

[8] 周小秋,杨凤,周安国,等.鳖赖氨酸和精氨酸拮抗研究[J].四川农业大学学报,2003,21(2):157–160.

[9] 代伟伟,麦康森,徐玮,等.饲料中赖氨酸和精氨酸含量对大菱鲆幼鱼生长、体成分和肌肉氨基酸含量的影响[J].水产学报,2015,39(6):876–887.

[10] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[J].3 版.北京:中国农业大学出版社,2007.

[11] LANGAR H,GUILLAUME J,METAILER R,et al.Augmentation of protein synthesis and degradation by poor dietary amino acid balance in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*)[J].The Journal of Nutrition,1993,123(10):1754–1761.

[12] MURILLO-GURREA D P,COLOSO R M,BORLONGAN I G,et al.Lysine and arginine requirements of juvenile Asian sea bass (*Lates calcarifer*)[J].Journal of Applied Ichthyology,2001,17(2):49–53.

[13] MAI K S,ZHANG L,AI Q H,et al.Dietary lysine requirement of juvenile Japanese seabass,*Lateolabrax japonicus*[J].Aquaculture,2006,258(1/2/3/4):535–542.

[14] WANG S,LIU Y J,TIAN L X,et al.Quantitative dietary lysine requirement of juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idella*[J].Aquaculture,2005,249(1/2/3/4):419–429.

[15] AHMED I,KHAN M A.Dietary lysine requirement of fingerling Indian major carp,*Cirrhinus mrigala* (Hamilton)[J].Aquaculture,2004,235(1/2/3/4):499–511.

[16] CHENG Z J,HARDY R W,USRY J L.Effects of lysine supplementation in plant protein-based diets on the performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and apparent digestibility coefficients of nutrients[J].Aquaculture,2003,215(1/2/3/4):255–265.

[17] BERGE G E,SVEIER H,LIED E.Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*);the requirement and metabolic effect of lysine[J].Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology,1998,120(3):477–485.

[18] 王镜岩,朱圣庚,徐长法.生物化学(下册)[M].3 版.北京:高等教育出版社,2007:303–314.

[19] ZHOU F,SHAO Q J,XIAO J X,et al.Effects of dietary arginine and lysine levels on growth performance,nutrient utilization and tissue biochemical profile of black sea bream,*Acanthopagrus schlegelii*,fingerlings[J].Aquaculture,2011,319(1/2):72–80.

[20] 周玉,郭文场,杨振国,等.鱼类血液学指标研究的进展[J].上海水产大学学报,2001,10(2):163–165.

[21] URSCHEL K L,SHOVELLER A K,UWIERA R R E,et al.Citrulline is an effective arginine precursor in enterally fed neonatal piglets[J].The Journal of Nutrition,2006,136(7):1806–1813.

[22] FICO M E,HASSAN A S,MILNER J A.The influence of excess lysine on urea cycle operation and pyrimidine biosynthesis[J].The Journal of Nutrition,1982,112(10):1854–1861.

[23] TANTIKITTI C,CHIMSUNG N.Dietary lysine requirement of freshwater catfish (*Mystus nemurus* Cuv. & Val.)[J].Aquaculture Research,2001,32:135–141.

[24] 杜强,林黑着,牛津,等.卵形鲳鲹幼鱼的赖氨酸需求量[J].动物营养学报,2011,23(10):1725–1732.

[25] 廖英杰,刘波,任鸣春,等.赖氨酸对团头鲂幼鱼生长、血清生化及游离必需氨基酸的影响[J].水产学报,2013,37(11):1716–1724.

[26] AFFONSO E G,DA COSTA SILVA E,TAVARES-DIAS M,et al.Effect of high levels of dietary vitamin C on the blood responses of matrinxã (*Brycon amazonicus*)[J].Comparative Biochemistry and Physiology Part A:Molecular & Integrative Physiology,2007,147(2):383–388.

[27] ZHOU Q C,ZENG W P,WANG H L,et al.Dietary arginine requirement of juvenile Pacific white shrimp,*Litopenaeus vannamei*[J].Aquaculture,2012,364–365:252–258.

[28] 周凡,邵庆均.水产动物精氨酸需求的研究进展[J].广东饲料,2007,16(2):26–27.

[29] BERGE G E,BAKKE-MCKELLEP A M,LIED E.*In vitro* uptake and interaction between arginine and lysine in the intestine of Atlantic salmon (*Salmo salar*)[J].Aquaculture,1999,179(1/2/3/4):181–193.

[30] ALAM D S,TESHIMA S I,ISHIKAWA M,et al.Effects of dietary arginine and lysine levels on growth performance and biochemical parameters of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*[J].Fisheries Science,2002,68(3):509–516.

[31] TANPHAICHITR V,BROQUIST H P.Lysine deficiency in the rat:concomitant impairment in carnitine biosynthesis[J].The Journal of Nutrition,1973,103(1):80–87.

[32] 褚武英,石常友,刘臻,等.鱼类碱性氨基酸需求研究进展[J].内陆水产,2008,33(1):42–43.

[33] 周凡.饲料赖氨酸和精氨酸对黑鲷幼鱼生长影响及其拮抗作用机理研究[D].博士学位论文.杭州:浙江大学,2011.

Effects of Dietary Arginine/Lysine on Growth Performance, Body Composition, Serum

Biochemical Indices and Amino Acid Deposition Rate of All-Male Yellow Catfish[1]

SHEN Yong QIU Qijun SUN Longsheng* CHEN Yaoyu JIN Lei

（*College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou* 225001, *China*）

Abstract: This experiment was carried out to investigate the effects of dietary arginine (Arg) /lysine (Lys) on growth performance, body composition, serum biochemical indices and amino acid deposition rate in body tissues of all-male yellow catfish. All-male yellow catfish with the initial body weight of (2.34±0.05) g were randomly divided into 8 groups with 4 replicates per group and 30 fish per replicate. The fish in the 8 groups were fed 8 isonitrogenous and isolipidic diets, and the dietary Arg/Lys were designed as 2.19/2.61 (group I, as control group), 1.74/2.08 (group II), 1.75/3.02 (group III), 2.63/2.08 (group IV), 2.64/3.12 (group V), 3.07/2.61 (group VI), 2.19/3.65 (group VII) and 3.08/3.65 (group VIII), respectively. Growth trial lasted for 10 weeks. The results showed as follows: 1) when dietary Arg/Lys was 3.07/2.61, the final body weight (FBW), gain weight (GW), weight gain rate (WGR) and specific growth rate (SGR) had the highest values, and those in group VI were significantly higher than those in other groups (P<0.05), except WGR in group V and FBW, GW, WGR and SGR in groups IV and V (P>0.05). No significant differences were recorded both in survival rate (SR) and protein efficiency ratio (PER) among groups (P>0.05). The feed conversion rate (FCR) in groups Ⅱ was the highest, and it significantly higher than that in other groups (P<0.05). 2) There were no significant differences observed in the contents of moisture, ether extract (EE) and ash in whole fish among groups (P>0.05), but the whole fish crude protein (CP) content reached the peak in group VI, which was significantly higher than that in groups II and III (P<0.05). There were no significant differences observed in the contents of EE and CP in muscle among groups (P>0.05), but the top value of moisture content in muscle was shown in group VII, which was significantly higher than that in groups I and II (P<0.05). 3) The Lys and valine (Val) deposition rates of all-male yellow catfish were linear with the dietary Arg/Lys ratio, which increased with the dietary Arg/Lys ratio increasing. The Arg, tyrosine (Tyr), methionine (Met), mhenylalanine (Phe), meucine (Leu), mistidine (His) and isoleucine (Ile) deposition rates of all-male yellow catfish showed a quadratic regression relationship with the dietary Arg/Lys ratio. When the deposition rates of Arg, Thr, Met, Phe, Leu, His and Ile reached the maximum, the dietary Arg/Lys ratios were 0.98, 1.16, 1.17, 1.02, 1.28, 1.11 and 1.24, respectively. 4) No significant differences were observed in the serum biochemical indices (the activities of alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase, the contents of total protein, albumin, globulin, glucose, urea nitrogen, cholesterol and triglyceride, and albumin/globulin) among groups (P>0.05). In conclusion, dietary Arg/Lys may take effects on growth performance, body composition and amino acid deposition rate of all-male yellow catfish. In this trial, the recommended dietary Arg/Lys for all-male yellow catfish is 3.07/2.61.

Key words: Arg; Lys; all-male yellow catfish; growth performance; body composition; serum biochemical indices; amino acid deposition rate

---

*Corresponding author, associate professor, E-mail: lssun@yzu.edu.cn

（责任编辑 菅景颖）